

DIALOG(R)File 351:Derwent WPI
(c) 2004 Thomson Derwent. All rts. reserv.

015517043 **Image available**

WPI Acc No: 2003-579190/200355

XRPX Acc No: N03-460377

Compensating engine exhaust gas sensor linear characteristic offset involves allowing offset compensation value determination only if reference sensor signal in tolerance field for defined time

Patent Assignee: VOLKSWAGEN AG (VOLS)

Inventor: DAETZ M; DRUECKHAMMER J; WEHLING W

Number of Countries: 001 Number of Patents: 001

Patent Family:

Patent No Kind Date Applicat No Kind Date Week

DE 10161901 A1 20030626 DE 1061901 A 20011217 200355 B

Priority Applications (No Type Date): DE 1061901 A 20011217

Patent Details:

Patent No Kind Lan Pg Main IPC Filing Notes

DE 10161901 A1 10 F02D-041/14

Abstract (Basic): DE 10161901 A1

NOVELTY - The method involves monitoring the signal from a reference sensor for build-up into a tolerance field near a desired value for reference sensor and encountering a time window, measuring the signal measured by the broadband sensor and only allowing determination of an offset compensation value if the sensor signal is within the tolerance field for a defined period.

DETAILED DESCRIPTION - INDEPENDENT CLAIMS are also included for the following: an arrangement for compensating the offset of the linear characteristic of a sensor in an internal combustion engine exhaust gas and a method of diagnosing a broadband sensor in the exhaust gas of an internal combustion engine.

USE - For compensation the offset of the linear characteristic of a sensor in an internal combustion engine exhaust gas for measuring the lambda value of the exhaust gas.

ADVANTAGE - Enables rapid precise compensation.

DESCRIPTION OF DRAWING(S) - The drawing shows a block diagram representation of offset determination and correction (Drawing includes non-English text)

pp; 10 DwgNo 5/6

Title Terms: COMPENSATE; ENGINE; EXHAUST; GAS; SENSE; LINEAR; CHARACTERISTIC; OFFSET; ALLOW; OFFSET; COMPENSATE; VALUE; DETERMINE; REFERENCE; SENSE; SIGNAL; TOLERANCE; FIELD; DEFINE; TIME

Derwent Class: Q52; S02; S03; X22

International Patent Class (Main): F02D-041/14

International Patent Class (Additional): F02D-041/22

File Segment: EPI; EngPI

Manual Codes (EPI/S-X): S02-K02A; S03-E14P; X22-A05B

?



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 101 61 901 A 1**

⑤1 Int. Cl.⁷:
F 02 D 41/14
F 02 D 41/22

②1 Aktenzeichen: 101 61 901.4
②2 Anmeldetag: 17. 12. 2001
④3 Offenlegungstag: 26. 6. 2003

DE 101 61 901 A 1

⑦1 Anmelder:
Volkswagen AG, 38440 Wolfsburg, DE

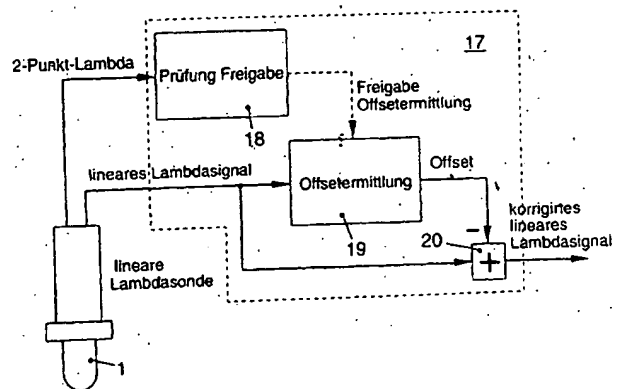
⑦4 Vertreter:
Pohlmann, B., Dipl.-Phys. Dr.rer.nat., Pat.-Anw.,
60316 Frankfurt

⑦2 Erfinder:
Drückhammer, Jens, 38108 Braunschweig, DE;
Wehling, Wolfgang, 38112 Braunschweig, DE;
Daetz, Michael, 38473 Tiddische, DE

⑤6 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
zu ziehende Druckschriften:
DE 196 29 552 C1
DE 198 42 425 A1
DE 198 36 127 A1
DE 43 20 881 A1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

- ⑤4 Verfahren und Vorrichtung zur Kompensation des Offsets der linearen Sensorcharakteristik eines im Abgas einer Verbrennungskraftmaschine angeordneten Sensors
- ⑤7 Gegenstand der Erfindung sind ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Kompensation des Offsets eines Breitband-Sensors mit linearer Sensorcharakteristik für die Messungen des Gehalts eines Gases im Abgas einer Verbrennungskraftmaschine, wobei das Signal eines Referenzsensors mit sprungförmiger Charakteristik herangezogen wird. Erfindungsgemäß wird ein aus dem Signal des linearen Sensors ausgeblendeter Abschnitt gemessen und für die Kompensation des Offsets weiterverarbeitet.



DE 101 61 901 A 1

Beschreibung.

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren und eine Vorrichtung gemäß dem Oberbegriff der unabhängigen Patentansprüche.

[0002] Ein Verfahren der im Oberbegriff des Patentanspruchs 1 beschriebenen Art ist bei Lambda-Sonden bekannt (DE 43 20 881 A1). Das Ausgangssignal einer linearen Lambda-Sonde, die in unmittelbarer räumlicher Nähe, insbesondere auf dem selben Substrat wie die Referenz-Lambda-Sonde angeordnet ist, wird mit Hilfe einer Referenz-Lambda-Sonde bei $\lambda = 1,0$ ermittelt und mit einem dem stöchiometrisch exakten Kraftstoff-Luft-Gemisch zugeordneten Sollwert verglichen. Die lineare Sensorcharakteristik wird um den festgestellten Offset verschoben.

[0003] Es ist auch ein Verfahren zur Kalibrierung einer in einem Regelkreis einer Brennkraftmaschine für ein Kraftstoff-Luft-Gemisch vor oder hinter einem Katalysator angeordneten Lambda-Sonde bekannt, die Signale in Abhängigkeit von der Zusammensetzung des aus dem Kraftstoff-Luft-Gemisch entstandenen Abgases abgibt. Der Katalysator wird bei inaktivem Regelkreis mit Abgasen von einem überfetteten Kraftstoff-Luft-Gemisch versorgt. Während dieser Zeit werden die Signale der Lambda-Sonde gemessen und zu einem Korrekturwert weiterverarbeitet, der den Sonden-signalen im Betrieb des Regelkreises wiederum zugeführt wird (DE 195 45 706 C2).

[0004] Eine Korrektur der linearen Sensorcharakteristik ist auch bei der bei Otto-Motoren üblichen Führungsregelung mit Hilfe einer zweiten Lambda-Sonde hinter dem Katalysator möglich. Allerdings haben auf die Führungsregelung mehrere Größen Einfluss. Neben der ersten Lambda-Sonde können auch zum Beispiel Kraftstoffeigenschaften, Lecks in der Abgasanlage, Katalysatoreigenschaften, Wasserstoffbildung im Katalysator und Fehler oder Toleranzen der zweiten Lambda-Sonde zu einer Lambda-Korrektur durch die Führungsregelung führen. Eine eindeutige Zuweisung des Korrekturwerts zu der ersten Lambda-Sonde ist hier nicht möglich.

[0005] Infolge dessen ist auch eine Korrektur des Lambda-Sonden-Signals problematisch. Damit ist eine genaue Bestimmung des Lambdas an der ersten Lambda-Sonde nicht möglich. Aufgrund dessen müssen alle Funktionen, deren Qualität von einem genauen Lambda abhängt, wie zum Beispiel Katalysator-Diagnose, Abgasrückführung, Kraftstoffversorgungssystem, Sekundär-Luft oder Tankentlüftung, weiterhin mit einem unkorrigierten Lambda auskommen. Die Führungsregelung enthält einen Integralanteil, der die mittlere Lambda-Abweichung hinter dem Katalysator gut kompensieren kann. Problematisch sind jedoch die langen Einschwingzeiten dieser Regelung, die bis zu einer Stunde Betriebsdauer erfordern können. Ferner ist eine Diagnose der ersten Lambda-Sonde aufgrund des Korrekturwertes der Führungsregelung nur ungenau.

[0006] Schließlich ist eine Vorrichtung zum Kompensieren der Temperaturdrift einer, bezogen auf ihr Ausgangssignal zumindest teilweise eine lineare Charakteristik aufweisende Lambda-Sonde zur Bestimmung des Sauerstoffgehalts im Abgas einer Brennkraftmaschine bekannt. Die Lambda-Sonde weist eine Heizeinrichtung und einen Temperatursensor auf. Das von der Lambda-Sonde ausgegebene Signal wird einer Regeleinrichtung zugeführt, die das Kraftstoff-Luft-Gemisch für die Verbrennungs-Kraftmaschine so einstellt, dass im jeweiligen Betriebszustand eine optimale Verbrennung stattfindet. In einem Speicher ist ein Kennfeld abgelegt, in dem abhängig von der Arbeitstemperatur der Lambda-Sonde zugehörige Werte für das Ausgangssignal bei einem bestimmten Lambdawert abgelegt sind. Jeweils

einem Sollwert für die Arbeitstemperatur ist ein vorgegebener Ausgangssignal-Sollwert zugeordnet. Die temperaturabhängige Signalverschiebung vom Sollwert bei der aktuellen Arbeitstemperatur wird mittels des Kennfelds bestimmt und die Heizeinrichtung so eingestellt, dass der Arbeitstemperatursollwert erreicht wird (DE 196 29 552 C1).

[0007] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Vorrichtung zur schnellen, möglichst präzisen Kompensation des Offsets der linearen Sensorcharakteristik eines im Abgas einer Verbrennungskraftmaschine angeordneten Breitband-Sensors anzugeben.

[0008] Die Aufgabe wird erfindungsgemäss jeweils mit den Merkmalen der unabhängigen Ansprüche gelöst.

[0009] Die Aufgabe wird bei einem Verfahren der dem Oberbegriff des Patentanspruch 1 beschriebenen Art erfindungsgemäss dadurch gelöst, dass das Signal der Referenzsonde auf das Einschwingen in ein Toleranzfeld im Bereich des Sollwerts des Referenzsensors überwacht wird und dass nach dem Einschwingen des Signals des Referenzsensors in das Toleranzfeld ein Zeitfenster angestoßen wird und das vom Breitband-Sensor erzeugte Signal gemessen und nur dann für die Bestimmung eines Kompensationswerts für den Offset freigegeben wird, wenn das Signal des Referenzsensors für ein vorgegebenes Zeitintervall, vorzugsweise für wenigstens ca. eine Sekunde oder länger, innerhalb des Toleranzfelds verlaufen ist. Es hat sich gezeigt, dass mit dem erfindungsgemässen Verfahren der Offset der linearen Sensorcharakteristik vom Sollwert beim Lambdawert $= 1$ mit hoher Genauigkeit gemessen werden kann. Mit der erfindungsgemässen Freigabebedingung wird vermieden, dass Signalanteile mit steilen zeitlichen Übergängen in die Messwerte des Sensors einbezogen werden und damit die Messgenauigkeit beeinträchtigen.

[0010] Die während des Verlaufs des Signals des Referenzsensors von vorzugsweise wenigstens einer Sekunde Dauer innerhalb des Toleranzfelds gemessene Werte des Signals des Breitband-Sensors werden vom Sollwert subtrahiert und der linearen Sensorkennlinie vorzeichenrichtig überlagert.

[0011] Bei einer zweckmäßigen Ausführungsform wird der Kompensationswert für den Offset auf der Differenz zwischen dem Sollwert und einem der Abweichung des Signals des Breitband-Sensors bei einem Lambdawert $= 1$ entsprechenden auf die Freigabebedingungen bezogenen Offsetwert bestimmt.

[0012] Mit dem erfindungsgemässen Verfahren lassen sich insbesondere folgende Vorteile erreichen:

Präzisere Lambda-Regelung durch die Kompensation von Lambda-Sondenfehlern, Emissionsverbesserungen, da den Anforderungen des Katalysators durch die präzisere Lambda-Regelung besser entsprochen werden kann, Senkung von Bauteilkosten für lineare Lambda-Sonden, da aufgrund der Fehlerkompensation gröber tolerierte Lambda-Sonden verwendet werden können, Steigerung der effektiven Lebensdauer von linearen Lambda-Sonden, da alterungsbedingte Kennlinienänderungen kompensiert werden können, einfachere On-Board-Diagnose.

[0013] Bevorzugt weist das Toleranzfeld einen oberen und einem unteren Grenzwert beiderseits des Lambdawerts 1 auf.

[0014] Vorzugsweise ist die Differenz zwischen dem oberen Grenzwert und dem Sollwert $+0,04$ Volt und die Differenz zwischen dem unteren Grenzwert und dem Sollwert $-0,04$ Volt.

[0015] Es ist günstig, wenn für die Kompensation des Offsets aus den über längere Zeit gemessenen freigegebenen Messwerten des Breitband-Sensors ein gleitender arithmeti-

scher Mittelwert gebildet wird, mit dem der Offsetwert für die Kompensation der linearen Sensorcharakteristik bestimmt wird. Mit dieser Ausführungsform können Einflüsse, die sich ungünstig bei einem einzelnen Messergebnis auswirken würden, ausgeglichen werden.

[0016] Bei einer anderen günstigen Ausführungsform werden zahlreiche unter Freigabebedingungen gemessenen Werte sowohl der Signale des Breitband-Sensors als auch des Referenzsensors in Abhängigkeit von der Anzahl der Messwerte aneinander gereiht und durch eine Regressionsfunktion zur Bestimmung des Sollwerts bei dem Lambdawert = 1 verarbeitet werden. Mit dieser Ausführungsform lässt sich der Sollwert für den Lambdawert = 1 mit hoher Genauigkeit bestimmen.

[0017] Bei einer Vorrichtung der im Oberbegriff des Patentanspruchs 7 beschriebenen Art wird das Problem erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass der Breitband-Sensor 2 mit linearer Sensorcharakteristik und der Referenzsensor 3 mit sprungförmiger Sensorcharakteristik jeweils an einen Analog-Digital-Umsetzer 6, 7 wenigstens eines Prozessors 8 angeschlossen sind, dass der Prozessor 8 ein Programm aufweist, mit dem das Signal des Referenzsensors 3 auf das Einschwingen in den Bereich einer Toleranzzone eines dem Lambdawert = 1 zugeordneten Sollwerts des Referenzsensors 3 überwacht wird und dass mit dem Programm nach dem Einschwingen des Signals des Referenzsensors 3 in die Toleranzzone das von dem Breitband-Sensor abgegebene Signal erfasst und ein Zeitfenster angestoßen wird und der gemessene Wert des Signals des Breitband-Sensors 2 nur dann für Bestimmung eines Kompensationswerts freigegeben wird, wenn das Signal des Referenzsensors 3 für ein vorgegebenes Zeitintervall, vorzugsweise wenigstens für wenigstens eine Sekunde oder länger innerhalb der Toleranzzone verlaufen ist.

[0018] Insbesondere ist der Breitband-Sensor eine Lambda-Sonde, die wenigstens eine Sauerstoff-Pumpzelle und eine Messzelle für Sauerstoff aufweist, wobei das Signal der Sauerstoff-Pumpzelle die sprungförmige Sensorcharakteristik aufweist.

[0019] Bei einer anderen Ausführungsform ist der Breitband-Sensor mit linearer Sensorcharakteristik Teil eines NOx-Sensors, der wenigstens eine Sauerstoff-Pumpzelle, eine erste Sauerstoff-Messzelle und eine zweite Sauerstoff-Messzelle aufweist, wobei = das Signal der Sauerstoff-Pumpzelle die sprungförmige Sensorcharakteristik aufweist. Ein derartiger NOx-Sensor ist an sich in der EP 0936349 A2 beschrieben.

[0020] Die Erfindung wird im Folgenden anhand eines in Zeichnungen dargestellten Ausführungsbeispiels näher beschrieben, aus dem sich weitere Merkmale, Einzelheiten und Vorteile ergeben.

[0021] Es zeigen:

[0022] Fig. 1 ein Prinzipschaltbild einer Vorrichtung mit einer Sonde mit einem Breitband-Sensor und einer Referenz-Sonde mit sprungförmiger Sensorcharakteristik und mit einer Steuer- und Auswerteschaltung für die Sonde,

[0023] Fig. 2 ein Diagramm des zeitlichen Verlaufs von Signalen des Breitband-Sensors und der Referenz-Sonde im Bereich des Übergangs des Kraftstoff-Luft-Gemischs von einer mageren Zusammensetzung über eine stöchiometrisch exakte zu einer kraftstoffreichen Zusammensetzung,

[0024] Fig. 3 die Amplituden der unter Freigabebedingungen festgestellten Signale des Breitband-Sensors und des Referenzsensors,

[0025] Fig. 4 ein Ablaufdiagramm für die Erfassung der Messwerte zur Offset-Kompensation,

[0026] Fig. 5 ein Blockdiagramm für die Offset-Ermittlung und -korrektur,

[0027] Fig. 6 die Amplituden der unter Freigabebedingungen gemessenen Signale der Referenz-Sonde in Abhängigkeit vom Lambdawert.

[0028] Eine Sonde 1 zur Bestimmung des Sauerstoffgehaltes im Abgas einer nicht dargestellten Verbrennungskraftmaschine ist im Abgaskanal einer mobilen Vorrichtung, zum Beispiel eines Kraftfahrzeugs angeordnet. Die Sonde 1 besteht aus einem Breitband-Sensor 2 mit linearer Sensorcharakteristik. Unter "linear" ist hierbei ein linienförmiger stetiger Kurvenverlauf zu verstehen. Der Breitband-Sensor 2 weist einen sauerstoffionenleitenden Festelektrolyt und katalytisch aktive, poröse Messelektroden für Sauerstoff auf. Eine der Messelektroden ist im Abgaskanal angeordnet, die andere der Umgebungsluft ausgesetzt. Weiterhin enthält die Sonde 1 einen Referenzsensor 3 mit sprungförmiger Sensorcharakteristik. Der Sprung in der Sensorcharakteristik des Sensors 3 tritt dann auf, wenn sich das der Verbrennungskraftmaschine zugeführte Kraftstoff-Luft-Gemisch von der mageren Zusammensetzung über die stöchiometrisch exakte zur Kraftstoffreichen bzw. fetten Zusammensetzung oder in umgekehrter Richtung ändert. Der Referenzsensor 3 weist ebenfalls einen sauerstoffionenleitenden Festelektrolyt und für Sauerstoff katalytisch aktive, poröse Messelektroden auf, von denen eine dem Abgas und die andere der Umgebungsluft ausgesetzt ist. Während der Breitband-Sensor 2 eine Nernst-Zelle ist, ist der Referenzsensor 3 eine Sauerstoff-Pump-Zelle. Die Sonde 1 ist mit den Sensoren 2, 3 über nicht näher bezeichnete Stecker an eine Steuerungschaltung 4 in Form einer integrierten Schaltung angeschlossen. Die Steuerungschaltung 4 wird von einem Spannungsregler 5 mit gleichbleibender Spannung versorgt und erzeugt die Ströme für den Sensor 2 und den Referenzsensor 3. Weiterhin kann die Steuerungschaltung 4 die von den Sensoren 2 und dem Referenzsensor 3 abgegebenen Spannungen jeweils zu analog-digital-Umsetzern 6 und 7 eines Prozessors 8 weiterleiten. Alternativ hierzu ist auch ein direkter Abgriff der Spannungen an den Sensoren möglich. Der Prozessor steuert einen elektrischen Leistungssteller 9, der einen Heizwiderstand 10 im Sensor 1 speist. Sonden mit Breitband-Sensoren 2 der vorstehend beschriebenen Art werden im Abgastrakt in Otto-Motoren vor oder hinter dem Katalysator angeordnet, um das Luft-Kraftstoffverhältnis Lambda anhand des Restsauerstoffgehalts im Abgas zu messen. Ihr Signal wird zur Gemischregelung bzw. Lambda-Regelung herangezogen. Aufgabe der Lambda-Regelung ist es, den Lambdawert (λ) möglichst genau auf einen Sollwert zu regeln, um möglichst gute Schadstoff-Konvertierungseigenschaften des Katalysators zu erzielen.

[0029] Sonden 2 zur Bestimmung des Sauerstoffgehalts werden im Folgenden auch als Lambda-Sonden bezeichnet. Lambda-Sonden werden seit mehreren Jahren in der Serienproduktion verbaut. Stand der Technik sind binäre oder sogenannte 2-Punkt Lambda-Sonden, die eine stark nichtlineare Kennlinie mit einem sehr steilen Übergang bei Lambdawert = 1 aufweisen. Sie sind nur in der Lage zwei Zustände anzuzeigen: Fetter als der Lambdawert = 1 oder magerer als der Lambdawert = 1. Seit einiger Zeit ist eine neue Generation von Lambda-Sonden die sogenannte lineare Lambda-Sonde, kommerziell eingeführt. Dieser Sondentyp weist eine stetige gekrümmte Kennlinie auf, so dass die Möglichkeit besteht, das Lambda von ca. 0,7 bis 5 zu messen.

[0030] Die herkömmliche Art der Lambda-Regelung mit einer 2-Punkt-Lambda-Sonde erlaubt nur eine Regelung auf einen eng begrenzten Lambdawert 0,97–1,03. Dabei springt der Lambdawert aufgrund der 2-Punkt-Charakteristik ständig um den Sollwert mit einer Amplitude von ca. +/- 1–3% herum. Dagegen könnte eine auf der linearen Lambda-

Sonde aufbauende lineare Lambda-Regelung als kontinuierliche Regelung ausgeführt werden, deren Sollwert im gesamten Messebereich der linearen Lambda-Sonde liegen kann. Ihre Vorteile gegenüber der 2-Punkt-Lambda-Regelung, wären ein schnelleres und genaueres Einregeln des Lambda, sowie ein Betrieb außerhalb des Lambdawerts 1, der zum Beispiel bei Kaltstart in der Volllast oder für Mager- oder Schichtlademotoren bei $\lambda < 1$ sinnvoll sein kann.

[0031] Wie jeder Sensor weisen auch lineare Lambda-Sonden ein Fehlerband auf, das auf Fertigungstoleranzen oder Alterungs- oder Vergiftungseinflüsse zurückgeführt werden kann. Beim Lambdawert = 1 ist das Ausgangssignal von zum Beispiel 2,5 Volt vergleichsweise eng toleriert. Mit zunehmender Entfernung vom Lambdawert = 1 sowohl zum fetten als auch zum mageren Gemisch weitet sich das Toleranzband auf. Besonders große Lambda-Fehler treten im Mageren bei Werten von $\lambda < 3$ aufgrund der dort sehr flachen Kennlinie der linearen Lambda-Sonde auf. Diese Fehler sind auf Fehler oder Toleranzen der Kennliniensteigung zurückzuführen. Ferner haben Kraftstoffeigenschaften und die Gaszusammensetzung Einfluß auf die Lambda-Sonden-Kennlinie. Beispielsweise verursacht ein hoher Wasserstoffanteil eine Kennlinienverschiebung zum Fetten hin.

[0032] In Ausnahmefällen kann es auch zu einer Kennlinienverschiebung oder einem Kennlinien-Offset kommen, deren Fehler unabhängig von λ ist, also auch beim Lambdawert = 1 große Fehler zur Folge haben kann.

[0033] Die Kennlinienfehler führen dazu, dass die Lambda-Regelung ein falsches λ einregelt. Die Folge davon können Beeinträchtigungen der Verbrennungsqualität, höhere Rohemissionen und insbesondere deutlich höhere Schadstoffemissionen nach dem Katalysator sein.

[0034] Im Gegensatz zum linearen Lambda-Signal ändert sich die Kennlinie des Lambda-Sprungsignals im entscheidenden Bereich um den Lambdawert = 1 nur sehr wenig. Eine Kennlinienverschiebung im steilen Bereich der Kennlinie führt somit nur zu sehr kleinen Fehlern im Lambdawert.

[0035] Diese Eigenschaft wird erfindungsgemäß genutzt, um den Offsetfehler des Signals des Breitband-Sensors 2 beim Lambdawert 1 zu ermitteln: Immer dann, wenn anhand des Lambda-Sprungsignals des Sensors 3 erkannt wird, dass im Abgas der Lambdawert genau beim Wert 1 liegt, kann der Offset des linearen Lambda-Signals ermittelt werden. Es hat sich gezeigt, dass vor allem solche Signalanteile des linearen Lambda-Signals geeignet sind, bei denen:

- sich das Lambda-Sprungsignal für eine Mindestdauer von einigen Sekunden
- in einem engen Bereich ca. $\pm 0,02$ Volt um den Lambdawert = 1 findet.

[0036] Bei Stickoxyd-(NOx)-Sensoren, deren einer Teil einer linearen Lambda-Sonde sehr ähnlich ist, steht neben dem Stickoxyd-Signal und dem linearen Lambda-Signal gleichzeitig auch ein Lambda-Sprungsignal zur Verfügung. Aus der EP 0892265 A1 ist in diesem Zusammenhang bereits ein Gas-Sensor für die Messung von Gas-Oxyden bekannt, bei dem Abgas zur Messung in ein Doppel-Diffusionskammersystem geführt wird. Die Diffusionskammern weisen für die Messung Nernst-Zellen auf. Während in der ersten Diffusionskammer Sauerstoffmoleküle dem Gasgemisch entzogen werden, wird in der zweiten Diffusionskammer das zu messende Gas-Oxyd, beispielsweise Stickoxyd, in Stickstoff und Sauerstoff zerlegt. Eine an die erste Kammer angelegte Pumpzellenspannung wird auf einen konstanten Wert geregelt, der einer konstanten Sauerstoffkonzentra-

tion in dieser Kammer entspricht. Die Arbeitsweise dieses Sensors ermöglicht ebenso wie die des in der EP 0936 349 A2 beschriebenen NOx-Sensors dem Lambdawert des Abgases zugeordnete Lambdasignale zu ermitteln.

[0037] Erfindungsgemäß kann bei NOx-Sensoren der Offset des linearen Lambda-Signals bzw. linearen O₂-Signals ermittelt und korrigiert werden. Dazu wird das Lambda-Sprungsignal, das dem Signal einer herkömmlichen 2-Punkt-Lambda-Sonde entspricht, zu Hilfe genommen. Der hardwaretechnische Aufwand gegenüber der herkömmlichen Lambda-Regelung im Motorsteuergerät besteht insbesondere darin, einen Analog-Digital-Wandlereingang bereitzustellen und diesen mit dem SONDENSIGNAL zu beaufschlagen.

[0038] In Fig. 2 sind die Amplituden der Signale des Breitband-Sensors 2 mit linearer Charakteristik in Abhängigkeit von der Zeit t bei einem Wechsel des Kraftstoff-Luft-Gemischs vom mageren Verhältnis über das stöchiometrisch exakte zum fetten Verhältnis und umgekehrt dargestellt und mit 11 bezeichnet.

[0039] Die Amplituden der Signale des Referenzsensors 3 sind in Abhängigkeit von der Zeit t bei der vorstehend angegebenen Änderung des Kraftstoff-Luft-Gemischs in Fig. 2 ebenfalls dargestellt und mit 12 bezeichnet. Die Änderung des Kraftstoff-Luft-Gemischs mit einem Lambdawert < 1 über das stöchiometrisch exakte Verhältnis zu einem Verhältnis mit einem Lambdawert > 1 setzt zum Zeitpunkt t_1 ein. Der einem Lambdawert = 1 entsprechende Sollwert der Amplitude des Signals der Referenzsonde 3 ist in Fig. 2 mit U2S bezeichnet.

[0040] Nach dem Zeitpunkt t_1 treten sowohl im Verlauf des Signals 11 als auch des Referenzsignals 12 Bereiche auf, die sich aus dem Fahrzyklus ergeben, und in denen die Amplituden des Referenzsignals 12 nahe dem den Lambdawert = 1 entsprechenden Sollwert U2S liegen. Das Referenzsignal 12 wird insbesondere bei Erreichen des oben erwähnten unteren Grenzwerts, der in Fig. 2 mit U2U bezeichnet ist, überwacht. Erreicht die Amplitude des Referenzsignals 12 den Wert U2U, wird ein Zeitfenster angestoßen, das beendet wird, wenn die Amplitude einen oberen Grenzwert U2O erreicht. Die Werte U2O und U2U weichen vorzugsweise um einen Betrag von $\pm 0,04$ Volt von dem Wert U2S ab. Während des Zeitfensters wird das Signal 11 gemessen. Die Dauer des Zeitfensters wird mit einem vorab eingestellten Grenzwert verglichen, der ca. eine Sekunde oder mehr beträgt. Zu einem Zeitpunkt t_2 überschreitet beispielsweise das Referenzsignal 12 den Grenzwert U2U. Es wird das Zeitfenster angestoßen, das zum Zeitpunkt t_3 , an dem vom Referenzsignal 12 U2O überschritten wird, beendet wird. Da die Dauer des Zeitfensters in diesem Fall beachtlich kleiner als eine Sekunde ist, wird der Messwert des Signals 11 nicht weiter verarbeitet. Zum Zeitpunkt t_4 übersteigt die Amplitude des Schwingungen aufweisenden Referenzsignal 12 wiederum den Grenzwert U2U, wodurch das Zeitfenster erneut angestoßen wird. Zu einem Zeitpunkt t_5 übersteigt die Amplitude des Referenzsignals 12 den oberen Grenzwert U2O, wodurch das Zeitfenster beendet wird. Da die Dauer des Zeitfensters in diesem Fall größer als eine Sekunde ist, wird der Messwert des Signals 11 für die Kompensation des Offsets weiter verarbeitet. Durch diese Freigabebedingungen wird insbesondere vermieden, dass Signalanteile mit steilen zeitlichen Übergängen in die nachfolgende Auswertung mit einbezogen werden, womit eine höhere Genauigkeit des ermittelten Lambdawertes erreicht werden kann.

[0041] Die unter Freigabebedingungen gemessenen Werte des Signals 11 werden wie in Fig. 3 dargestellt ist, fortlaufend in Bezug auf ihre Amplituden und die Zeitdauern ge-

speichert und in Form einer lückenlosen Reihe weiterverarbeitet. Diese in Fig. 3 dargestellten, in Abhängigkeit von Freigabebedingungen gewonnenen Signale werden im folgenden mit λlin_F und $U2P_F$ beziehungsweise mit den Bezugszeichen 22 und 23 bezeichnet. Das lineare Lambdasignal λlin weist einen negativen Offset auf. Es befindet sich nicht bei einem Spannungswert, der $\lambda = 1,0$ entspricht, sondern die Signalspannung entspricht einem Lambda zwischen 0,97 und 0,98. Ferner ist anhand der gefilterten Signale zu erkennen, dass auch in diesem eingeeengten Lambdabereich eine gegenseitige Abhängigkeit der beiden Signale $U2P_F$ und λlin_F erhalten bleibt. D. h. wird das lineare Lambda λlin_F fetter, wird auch das 2-Punkt-Lambdasignal $U2P_F$ fetter und umgekehrt.

[0042] Die Signale 21 und 22 können zusätzlich einer Tiefpassfilterung unterzogen werden.

[0043] Eine genauere Bestimmung des Offsetwertes λlin_O kann aus den Signalverläufen $U2P_F$ und λlin_F innerhalb der freigegeben Zeitabschnitte durch folgende Massnahmen erfolgen:

Wahl sehr enger Freigabebedingungen, d. h. lange Zeit- und enge Spannungsfenster für das 2-Punkt-Lambdasignal $U2P$.

[0044] Mittelung des linearen Lambdasignals λlin_F über einen längeren Zeitbereich, ggf. über mehrere solcher Zeitabschnitte, in denen die Freigabebedingungen erfüllt sind. In diesem Fall ist

$$\lambda \text{lin}_{OM} = \text{Mittelwert}(\lambda \text{lin}_F).$$

[0045] Verwendung einer linearen Regressionsrechnung, die den Zusammenhang zwischen den beiden Lambdasignalen $U2P_F$ und λlin_F mit Hilfe einer Geradengleichung beschreibt,

$$\lambda \text{lin}_F = a_0 + a_1 \cdot U2P_F$$

[0046] Die Koeffizienten a_0 und a_1 werden mittels Regressionsrechnung aus $U2P_F$ und λlin_F ermittelt. Der Offsetwert von Lambda wird dann berechnet nach folgender Gleichung:

$$\lambda \text{lin}_{OR} = a_0 + a_1 \cdot U2P_{\lambda 1} \text{ mit } U2P_{\lambda 1} = U2P(\lambda = 1)$$

[0047] $U2P_{\lambda 1}$ ist dabei die Spannung des 2-Punkt-Lambdasignals $U2P$ bei $\lambda = 1$. Diese Vorgehensweise ist rechnerisch umfangreicher, hat jedoch die Vorteile, dass der Offsetwert λlin_{OR} genauer bestimmt werden kann und dass größere Freigabebedingungen als bei der Mittelwertbildung gewählt werden können.

[0048] Dadurch liegt im praxisüblichen Fahrbetrieb schneller ein Ergebnis vor, da die größeren Freigabebedingungen häufiger angetroffen werden.

[0049] Ferner können andere Rechenmethoden, insbesondere Modellbildungsverfahren eingesetzt werden, die den oben geschilderten Zusammenhang zwischen den Lambdasignalen berücksichtigen. Hier liegen insbesondere gute Erfahrungen bei der Verwendung von an sich bekannten Neuronalen Netze vor. Neuronale Netze können als Black Box betrachtet werden, die nach einer Trainingsphase ein Systemverhalten "nachahmen" kann. Im Rahmen der Trainingsphase werden Beispieldaten für die Eingangssignale und die gewünschten Ausgangssignale vorgegeben. Die Eigenschaften des Neuronalen Netzes werden iterativ so lange angepasst, bis seine Ausgangssignale den gewünschten Ausgangssignalen ausreichend gut entsprechen. Vorteile erscheinen insbesondere gegeben für eine Online-Berechnung im Motorsteuergerät, da gegenüber der Regressionsrechnung deutlich geringere Rechenzeiten zu erwarten sind.

[0050] Ein Neuronales Netz könnte beispielsweise dazu genutzt werden, aus den Signalen $U2P_F$ und λlin_F der Fig. 3 einen Offsetwert λlin_{ONN} zu berechnen. Für Konfiguration und Training des Netzes würden dann die beiden Eingangssignale $U2P_F$ und λlin_F sowie der gewünschte Verlauf des Offsetwertes $\lambda \text{lin}_{ONN_soll}$ herangezogen werden. $\lambda \text{lin}_{ONN_soll}$ könnte z. B. offline mit einem der anderen oben erläuterten Verfahren berechnet werden.

[0051] Die Verfahrensschritte zur Ermittlung der für die Weiterverarbeitung geeigneten Messwerte des Signals 11 sind in Fig. 4 in einem Ablaufdiagramm dargestellt. Nach einem Startschritt 13 wird in Schritt 16 geprüft, ob das Signal 12 für die voreingestellte Zeit von ca. 1 Sekunde oder mehr ununterbrochen im Bereich zwischen $U2U$ und $U2O$ ist. Ist dies der Fall, wird der Messwert des Signals 11 im Schritt 14 für die Offsetermittlung weiterverarbeitet, worauf sich das Verfahrensende 15 anschließt. Ist die Freigabebedingung nicht erfüllt, wird wiederum auf den Schritt 16 zurückgegangen.

[0052] Ist der Offsetfehler λlin_O der Sonde ermittelt, kann er im folgenden zur Korrektur des linearen Lambdasignals gemäß der folgenden Gleichung

$$\lambda \text{lin}_K = \lambda \text{lin} - \lambda \text{lin}_O$$

herangezogen werden.

[0053] In Fig. 5 ist in einem Blockschaltbild die Kompensation des Offsets der linearen Sensorcharakteristik dargestellt. Die Sonde 1 enthält, wie oben erwähnt, zwei Sensoren, von denen eine eine lineare Charakteristik aufweist und zum Beispiel das Signal 11 (Fig. 2) erzeugt, das in Fig. 5 als lineares Lambda-Signal bezeichnet ist. Der zweite Sensor ist ein binärer Sensor und erzeugt zum Beispiel das Referenzsignal 12 (Fig. 2), das in Fig. 5 als 2 Punkt-Lambda bezeichnet ist. Das Referenzsignal 12 (Fig. 2) wird in einer Vorrichtung 17 der in Verbindung mit Fig. 4 erläuterten Freigabeprüfung unterworfen, deren Komponenten in Fig. 5 mit 18 bezeichnet sind. Erlaubt die Prüfung die Freigabe des Signals 11, dann wird in einer Vorrichtung 19, der das Signal 11 zugeführt wird und die den Sollwert der binären Sensorcharakteristik beim LambdaWert = 1 enthält, der Offset gebildet und in einer Vorrichtung 20 den Signalen des Breitband-Sensors mit linearer oder nahezu linearer Sensorcharakteristik vorzeichenrichtig überlagert, wodurch der Offset der linearen Sensorcharakteristik kompensiert wird.

[0054] In Fig. 6 sind die tiefpass gefilterten Werte 25 des Referenzsignals $U2P_F$ in Abhängigkeit von den Signalen λlin_F dargestellt. Es ergibt sich eine Regressionsgerade 26, aus der sich ein korrigierter Sollwert des Signals $U2P$ für das Referenzsignal 12 ergibt, dem das oben angegebene Toleranzfeld zugeordnet wird. Ein Vergleich des mit dem Regressionsrechnungsverfahren erhaltenen Wertes 28 für den Offset des linearen Lambdasignals mit dem durch Mittelung erhaltenen Wert 27 ergibt nur geringe Abweichungen zwischen den jeweiligen Ergebnissen. Der durch Mittelung berechnete Offset des linearen Lambdasignals λlin_{OM} betrug 0,9759. Die Regressionsrechnung lieferte die eingetragene Regressionsgerade. Für den Sollwert für Lambda = 1 von $U2P = 2,3$ V ergab sich ein Wert für den Offset des linearen Lambdasignals λlin_{OR} von 0,9744.

[0055] Außer zur Korrektur des linearen Lambdasignals kann der Offset λlin_O auch zu einer einfachen Onboard-Diagnose herangezogen werden. Dazu wird geprüft, ob der Offset λlin_O , gegebenenfalls in Abhängigkeit von Betriebsbedingungen der Brennkraftmaschine, einen maximal zulässigen Wert überschreitet. Ist dies der Fall wird ein Lambdasondenfehler gemeldet.

[0056] Das erfindungsgemäße Verfahren zur Kompensa-

tion von Offsetfehlern der linearen Sensorcharakteristik eines Breitband-Sensors für Lambdawerte oder eines Stickoxyd-Sensors unter Ausnutzung des Lambda-Sprungsignals ist von Vorteil für eine präzise Regelung der Lambdawerte, für eine Verminderung der Schadstoffemissionen, da den Anforderungen eines Katalysators durch die genauere Lambda-Regelung besser entsprochen werden kann, und für einen wirtschaftlicheren Einsatz von linearen Sensoren für Lambdawerte, da aufgrund der Kompensation des Offsets gröber tolerierte und damit kostengünstigere Breitband-Sensoren verwendet werden können. Da alterungsbedingte Veränderungen der Sensorcharakteristik durch die Offsetermittlung ausgeglichen werden können, ist es möglich, die Einsatzdauer der Sensoren zu verlängern. Die Kompensation ermöglicht auch eine einfachere Onboard-Diagnose von Sensoren mit linearer oder nahezu linearer Sensorcharakteristik für die Messung des Gehalts an Gasen im Abgas von Verbrennungskraftmaschinen.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Kompensation des Offsets der Sensorcharakteristik eines im Abgas einer Verbrennungskraftmaschine angeordneten Breitband-Sensors zur Messung des Lambdawerts des Abgases, mit einem eine sprungförmige Sensorcharakteristik aufweisenden, im Abgas der Verbrennungskraftmaschine angeordneten Referenzsensor, wobei die Abweichung der Sensorcharakteristik von dem der stöchiometrisch exakten Zusammensetzung des Kraftstoff-Luft-Gemischs zugeordneten Lambdawert = 1 ermittelt und die lineare Sensorcharakteristik um einen Kompensationswert verschoben wird, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Signal der Referenzsonde auf das Einschwingen in ein Toleranzfeld im Bereich eines Sollwerts des Referenzsensors überwacht, nach dem Einschwingen des Signals des Referenzsensors in das Toleranzfeld ein Zeitfenster angestoßen wird und das vom Breitband-Sensor erzeugte Signal gemessen und das nur dann für die Bestimmung des Kompensationswerts für den Offset freigegeben wird, wenn das Signal des Referenzsensors für ein vorgegebenes Zeitintervall, vorzugsweise für wenigstens ca. eine Sekunde oder länger, innerhalb des Toleranzfelds verlaufen ist.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Kompensationswert für den Offset aus der Differenz zwischen dem Sollwert und einem der Abweichung des Signals des Breitband-Sensors bei dem Lambdawert 1 entsprechenden, auf die Freigabebedingungen bezogenen Offsetwert bestimmt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Toleranzfeld einen oberen und einem unteren Grenzwert beiderseits des Lambdawerts 1 aufweist.
4. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Differenz zwischen dem oberen Grenzwert und dem Sollwert kleiner als +0,04 V, bevorzugt +0,02 V und die Differenz zwischen dem unteren Grenzwert und dem Sollwert kleiner als -0,04 V, bevorzugt -0,02 V ist.
5. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Offsetwert für die Kompensation der linearen Sensorcharakteristik aus einem gleitenden arithmetischen Mittelwert der über ein vorgegebenes Zeitintervall gemessenen und freigegebenen Messwerte des Breitband-Sensors bestimmt wird.
6. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden

den Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zahlreiche unter Freigabebedingungen gemessenen Werte sowohl der Signale des Breitband-Sensors als auch des Referenzsensors in Abhängigkeit von der Anzahl der Messwerte aneinandergereiht und durch eine Regressionsfunktion zur Bestimmung des Sollwerts verarbeitet werden.

7. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Signale des Breitband-Sensors und/oder des Referenzsensors vor der weiteren Auswertung tiefpassgefiltert werden.

8. Verfahren zur Diagnose eines im Abgas einer Verbrennungskraftmaschine angeordneten Breitband-Sensors zur Messung des Lambdawerts des Abgases, mit einem eine sprungförmige Sensorcharakteristik aufweisenden, im Abgas der Verbrennungskraftmaschine angeordneten Referenzsensor, wobei die Abweichung der Sensorcharakteristik von dem der stöchiometrisch exakten Zusammensetzung des Kraftstoff-Luft-Gemischs zugeordneten Lambdawert = 1 ermittelt und die ermittelte Abweichung mit einem vorgegebenen Wert verglichen und in Abhängigkeit von dem Vergleichsergebnis eine Fehlermeldung erzeugt wird, dadurch gekennzeichnet, dass das Signal der Referenzsonde auf das Einschwingen in ein Toleranzfeld im Bereich eines Sollwerts des Referenzsensors überwacht, nach dem Einschwingen des Signals des Referenzsensors in das Toleranzfeld ein Zeitfenster angestoßen wird und das vom Breitband-Sensor erzeugte Signal gemessen und das nur dann für die Bestimmung der Abweichung freigegeben wird, wenn das Signal des Referenzsensors für ein vorgegebenes Zeitintervall, vorzugsweise für wenigstens ca. eine Sekunde oder länger, innerhalb des Toleranzfelds verlaufen ist.

9. Vorrichtung zur Kompensation des Offsets der linearen Sensorcharakteristik eines im Abgas einer Verbrennungskraftmaschine angeordneten Breitband-Sensors zur Messung des Lambdawerts des Abgases, mit einem eine sprungförmige Sensorcharakteristik aufweisenden, im Abgas der Verbrennungskraftmaschine angeordneten Referenzsensor, wobei die Abweichung der linearen Sensorcharakteristik von dem der stöchiometrisch exakten Zusammensetzung des Kraftstoff-Luft-Gemischs zugeordneten Wert festgestellt und die lineare Sensorcharakteristik um diese Abweichung verschoben wird, dadurch gekennzeichnet, dass der Breitband-Sensor (2) mit linearer Sensorcharakteristik und der Referenzsensor (3) mit sprungförmiger Sensorcharakteristik jeweils an einen Analog-Digital-Umsetzer (6, 7) wenigstens eines Prozessors (8) angeschlossen sind, dass der Prozessor (8) ein Programm aufweist, mit dem das Signal des Referenzsensors (3) auf das Einschwingen in den Bereich einer Toleranzzone eines dem Lambdawert = 1 zugeordneten Sollwerts des Referenzsensors (3) überwacht wird und dass mit dem Programm nach dem Einschwingen des Signals des Referenzsensors (3) in die Toleranzzone das von dem Breitband-Sensor abgegebene Signal erfasst und ein Zeitfenster angestoßen wird und der gemessene Wert des Signals des Breitband-Sensors (2) nur dann für Bestimmung eines Kompensationswerts freigegeben wird, wenn das Signal des Referenzsensors (3) für ein vorgegebenes Zeitintervall, vorzugsweise wenigstens ca. eine Sekunde oder länger, innerhalb der Toleranzzone verlaufen ist.

10. Vorrichtung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass der Breitband-Sensor (2) eine Lambda-

sonde ist, die wenigstens eine Sauerstoff-Pumpzelle und eine Messzelle für Sauerstoff aufweist, und dass das Signal der Sauerstoff-Pumpzelle die sprunghafte Sensorcharakteristik aufweist.

11. Vorrichtung nach Anspruch 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, dass der Breitband-Sensor Teil eines NOx-Sensors ist, der wenigstens eine Sauerstoff-Pumpzelle, eine erste Sauerstoff-Messzelle und eine zweite Sauerstoff-Messzelle aufweist, und dass das Signal der Sauerstoff-Pumpzelle die sprunghafte Sensorcharakteristik aufweist.

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

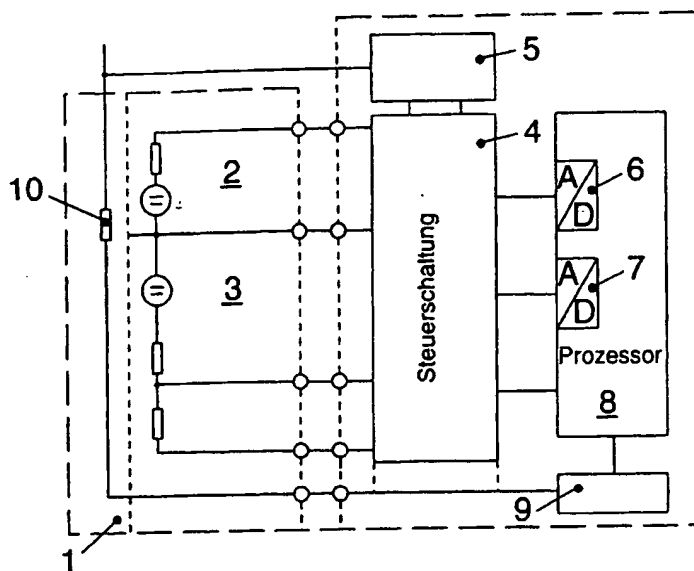


FIG. 1

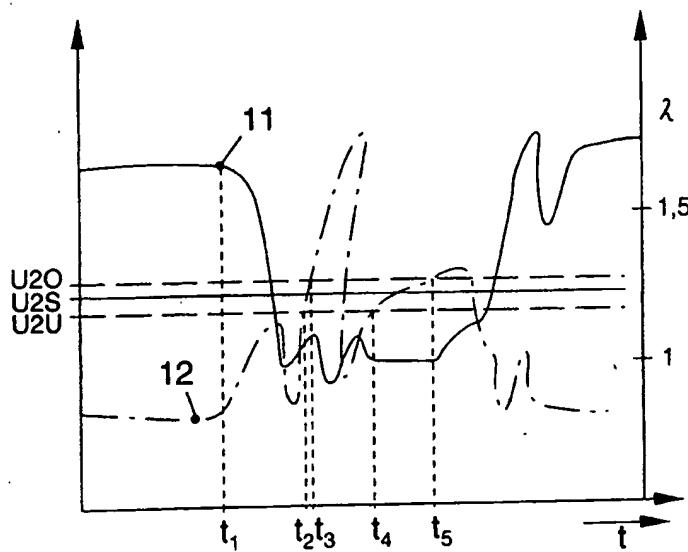


FIG. 2

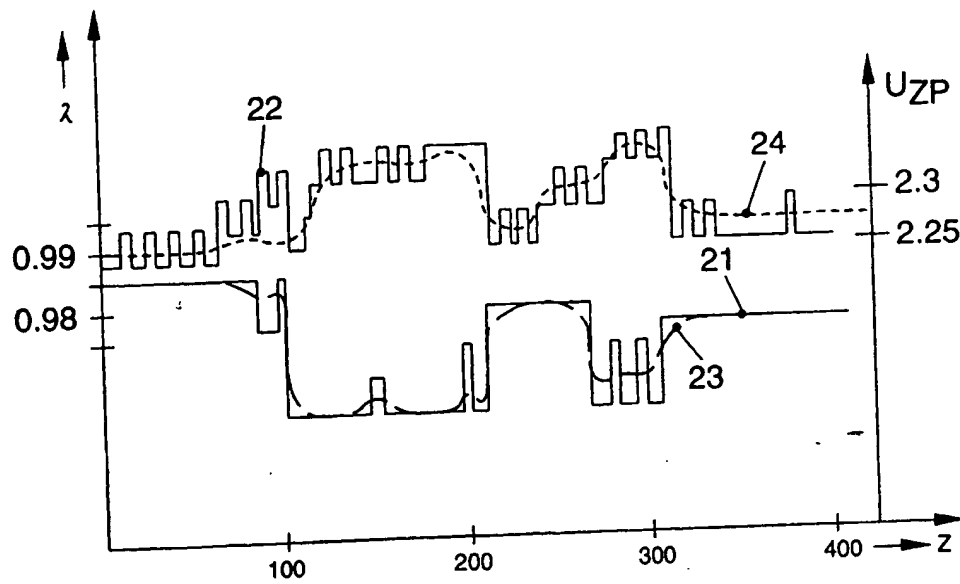


FIG. 3

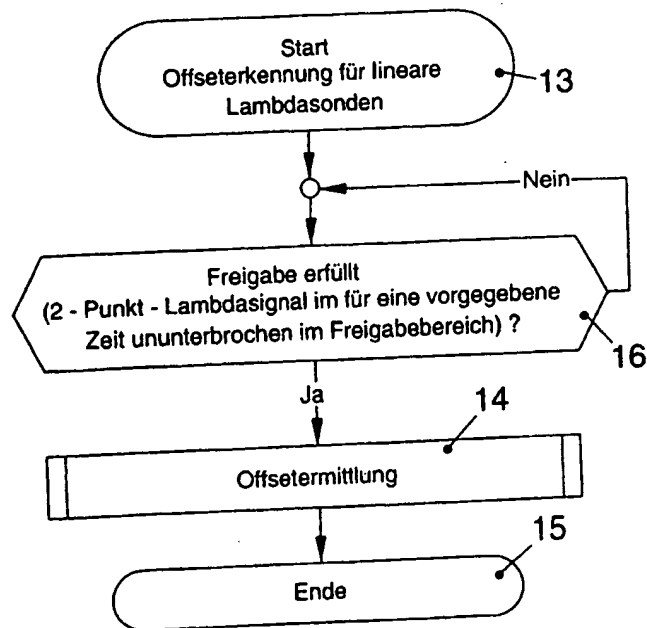


FIG. 4

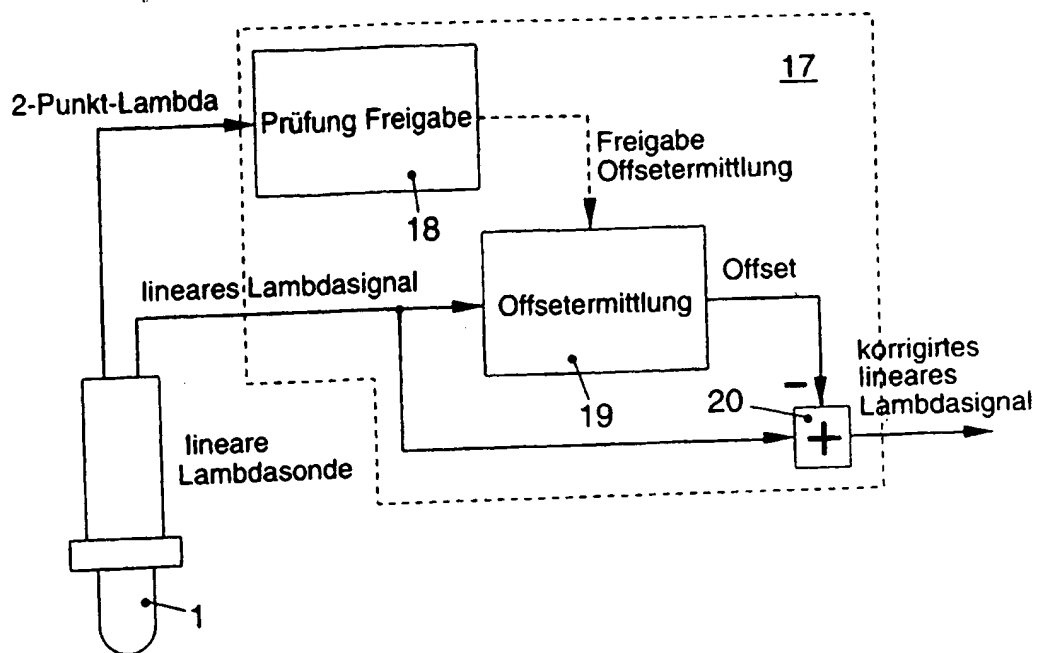


FIG. 5

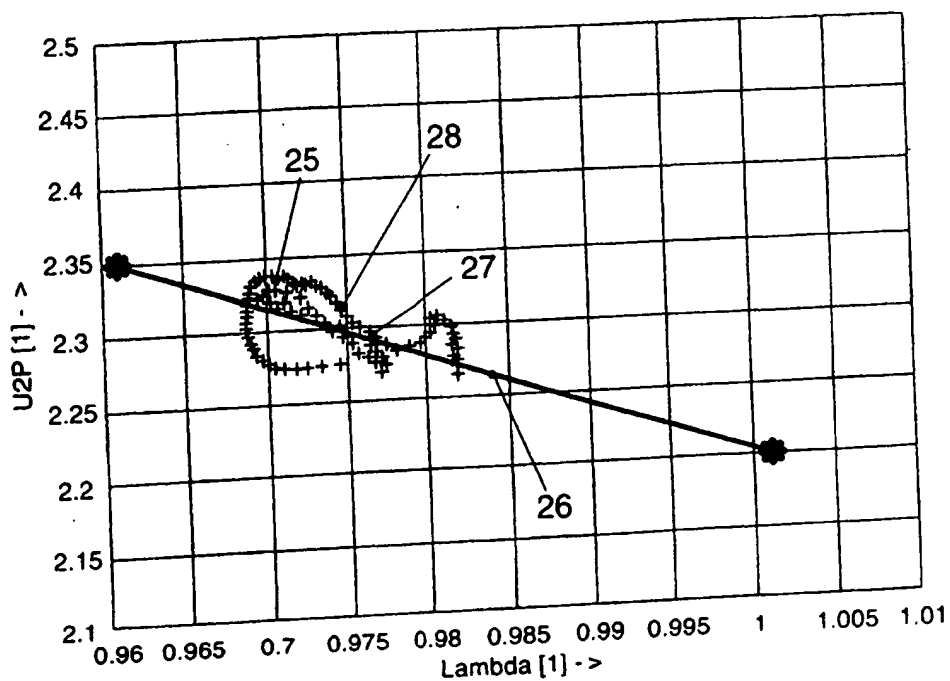


FIG. 6